การวิเคราะห์ผลกระทบจากการจัดการจราจรด้วยการหยุดรถสลับทิศทาง : กรณีศึกษาแบบจำลองจราจรระดับจุลภาคของทางแยกต่างระดับพญาไท

Impact Analysis of Traffic Management with Alternating Traffic Stoppage: A Microscopic Traffic Simulation Case Study of Phaya Thai Interchange

จิรวัฒน์ เพลิงศรีทอง[1], พรรณทิพา พันธ์ยิ้ม[2], ทักษิณา กรไกร[3], ศิวัช ปัญญาชัยวัฒนากูล[4], และ นพคุณ บุญกระพือ[5*]

[1,3,4] กองวิจัยและนวัตกรรม ฝ่ายดิจิทัล 1 การทางพิเศษแห่งประเทศไทย กรุงเทพมหานคร
[2]กองวางแผนปฏิบัติการ การทางพิเศษแห่งประเทศไทย กรุงเทพมหานคร
[5] ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา จ.ชลบุรี*
**Corresponding author; E-mail address: noppakun@eng.buu.ac.th*

บทคัดย่อ

บริเวณทางแยกต่างระดับพญาไทบนทางพิเศษศรีรัชเป็นจุดที่มีปัญหาการจราจรติดขัดและเกิดอุบัติเหตุบ่อยครั้ง โดยเฉพาะช่วงเวลาเร่งด่วนเย็น (16:00–19:00 น.) อันเนื่องมาจากลักษณะพื้นที่ที่มีความขัดแย้งในการจราจรระหว่างกระแสจากทิศทางพระราม 9 และบางโคล่ การทางพิเศษแห่งประเทศไทยได้ดำเนินมาตรการหยุดรถจากทิศทางบางโคล่ทุก ๆ 5 นาที ซึ่งช่วยบรรเทาปัญหาในระดับหนึ่ง การศึกษานี้จึงใช้แบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาค (Microscopic Traffic Simulation) เพื่อเปรียบเทียบ 3 มาตรการ ได้แก่ การปิด/เปิดเฉพาะบางโคล่ การปิด/เปิดทั้งสองทิศทาง และการใช้ระบบ Ramp Metering โดยจำลองรวม 12 กรณีศึกษา และประเมินผลจากตัวแปรด้านการจราจร ได้แก่ ความล่าช้าเวลาเดินทาง ความเร็วเฉลี่ย และความยาวแถวคอย พร้อมการปรับเทียบและตรวจสอบความถูกต้องของผลการศึกษาพบว่า การใช้ระบบ Ramp Metering เพื่อควบคุมการจราจรจากทิศทางพระราม 9 โดยการเพิ่มช่องจราจรเสริมผ่านการขยายไหล่ทางเป็นระยะทาง 200 เมตรก่อนถึงทางร่วม (Merging area) เพื่อรองรับปริมาณการจราจร 2,500–3,000 คัน/ชั่วโมง ร่วมกับการปิดช่องจราจรขวาจากทิศทางบางโคล่เป็นระยะประมาณ 800 เมตร (กรณีที่ 3.4) ให้ผลลัพธ์ดีที่สุดในเชิงประสิทธิภาพ โดยสามารถลดความล่าช้าได้ 83.7% ลดเวลาเดินทางได้ 61.4% เพิ่มความเร็วเฉลี่ยได้ 53.1% และลดความยาวแถวคอยของการจราจรได้อย่างมีนัยสำคัญ เมื่อเทียบกับมาตรการการจัดการจราจรในปัจจุบัน (กรณีที่ 1.3)

คำสำคัญ: แบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาค, Ramp metering, ทางพิเศษศรีรัช, ทางต่างระดับพญาไท, การจัดการจราจร

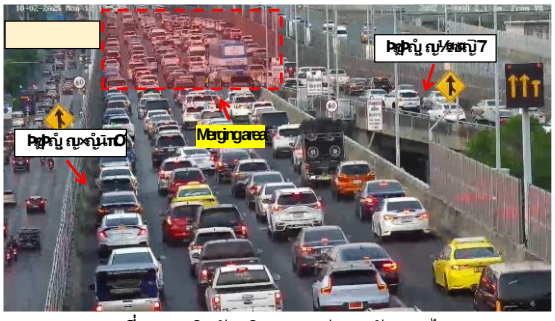
Abstract

The Phaya Thai Interchange on the Si Rat Expressway is a critical traffic bottleneck with frequent congestion and accidents, particularly during the evening peak hours (16:00–19:00), due to conflicting traffic movements between flows from the Rama IX and Bangklo directions. To alleviate the situation, the Expressway Authority of Thailand (EXAT) has implemented a manual control measure that stops traffic from Bangklo every five minutes, which has partially mitigated congestion. This study employs a microscopic traffic simulation to compare three traffic management strategies: selective closure of Bangklo direction, alternating closure of both directions, and implementation of a ramp metering system. A total of 12 simulation scenarios were evaluated based on traffic performance indicators, including delay time, travel time, average speed, and queue length, with calibration and validation of the model. The results indicate that the application of ramp metering to control traffic from the Rama IX direction, combined with the addition of a supplementary traffic lane by widening the shoulder for 200 meters before the merging area to accommodate a flow rate of 2,500–3,000 vehicles per hour, and the closure of the rightmost lane from the Bangklo direction for approximately 800 meters (Scenario 3.4), provides the most effective overall performance. This approach achieves an 83.7% reduction in delay time, a 61.4% reduction in travel time, a 53.1% increase in average speed, and a significant reduction in queue length when compared with the current traffic management measures (Scenario 1.3).

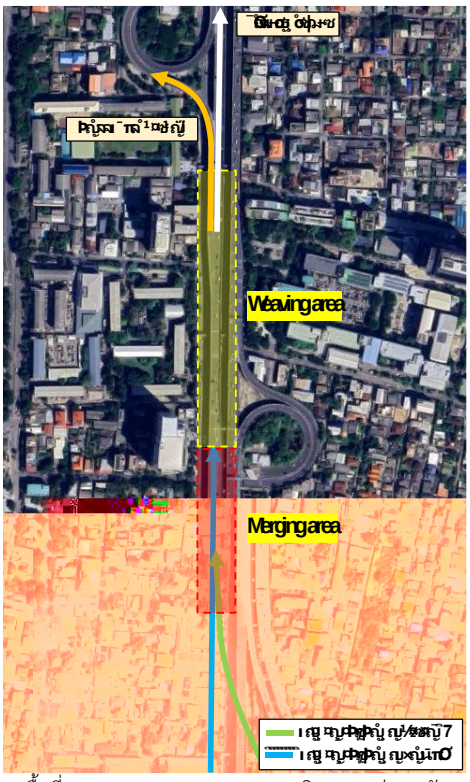
Keywords: Microscopic traffic simulation, Ramp metering, Si Rat Expressway, Phaya Thai Interchange, Traffic management

1. คำนำ

บริเวณทางต่างระดับพญาไท ทางพิเศษศรีรัช เป็นหนึ่งในจุดที่มีปริมาณการจราจรหนาแน่นและติดขัดอย่างรุนแรงบนทางพิเศษ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงเวลาเร่งด่วนเย็น (16:00–19:00 น.) ซึ่งจัดเป็นจุดคอขวดขนาดใหญ่ (Bottleneck) มีสาเหตุมาจากทางพิเศษ 2 ทิศทางมารวมตัวกัน ได้แก่ ทิศทางจากบางโคล่และทิศทางจากพระราม 9 (มุ่งหน้าสู่แจ้งวัฒนะ) ดังแสดงในรูปที่ 1 นอกจากมีการรวมตัวกันของกระแสจราจร (Merging) แล้ว ยังมีการตัดสลับของกระแสจราจร (Weaving) ดังรูปที่ 2 การจราจรที่มาจากพระราม 9 มีการตัดกระแสจราจรเพื่อจะใช้ทางออกคลองประปา 1 ซึ่งมีระยะทางในการตัดสลับเพียงแค่ 300 เมตรโดยประมาณ ปัญหาดังกล่าวส่งผลให้เกิดการติดขัดของการจราจรเป็นอย่างมาก เกิดแถวคอยสะสมบนทางพิเศษทั้ง 2 ทิศทางยาว 3-5 กิโลเมตร เป็นการติดขัดที่เกิดขึ้นแบบซ้ำ ๆ (Recurring congestion) ในช่วงเวลาเร่งด่วนเย็นของช่วงวันทำงาน การทางพิเศษแห่งประเทศไทย (กทพ.) ได้มีมาตรการบริหารจัดการจราจรเพื่อบรรเทาปัญหาการติดขัดดังกล่าว โดยใช้เจ้าหน้าที่จราจรในการปิด/เปิดการจราจรทิศทางจากบางโคล่เป็นจังหวะ การจัดการจราจรดังกล่าวสามารถช่วยบรรเทาปัญหาการติดขัดได้ในระดับหนึ่ง โดยสามารถเพิ่มอัตราการไหลทิศทางจากพระราม 9 ได้มีร้อยละ 8.56 และลดความยาวช่วงชะลอความเร็วได้ร้อยละ 38 ในส่วนของทิศทางจากบางโคล่สามารถเพิ่มอัตราการไหลได้ร้อยละ 7.77 และลดความยาวช่วงชะลอความเร็วได้ร้อยละ 21.1 อย่างไรก็ตามในการศึกษาครั้งนี้เป็นการดำเนินงานต่อเนื่องจากมาตรการเดิม โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินและหาแนวทางที่มีประสิทธิภาพสูงสุดในการบริหารจัดการจราจรในบริเวณดังกล่าว โดยอาศัยการจำลองสภาพจราจรเสมือนจริงระดับจุลภาค (Microscopic Traffic Simulation) เพื่อวิเคราะห์ผลกระทบจากมาตรการต่าง ๆ และนำไปสู่การพัฒนาแนวทางที่เหมาะสมต่อไป



รูปที่ 1 การติดขัดบริเวณทางต่างระดับพญาไท



รูปที่ 2 พื้นที่การ Merging และ Weaving บริเวณทางต่างระดับพญาไท

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 การบริหารจัดการทางเชื่อมบนทางพิเศษ

จากการทบทวนวรรณกรรม พบว่า การจัดการจราจรบริเวณทางขึ้นทางด่วน (Ramp Management) มีมาตรการหลัก ๆ ดังนี้ [1-3]

2.1.1 การควบคุมสัญญาณไฟทางขึ้น (Ramp Metering)

ใช้สัญญาณไฟจราจรบนทางขึ้นเพื่อควบคุมจำนวนยานพาหนะที่เข้าสู่ทางด่วน โดยมีหลักการคือการปรับอัตราการปล่อยยานพาหนะตามสภาพการจราจรบนทางด่วน เพื่อป้องกันความแออัดและรักษาการไหลของการจราจรให้ราบรื่น

2.1.2 การปิดทางขึ้น (Ramp Closure)

ปิดทางขึ้นบางส่วนหรือทั้งหมดในช่วงเวลาที่มีความแออัดสูงหรือเกิดเหตุการณ์พิเศษ เช่น อุบัติเหตุ หรือการบำรุงรักษา เพื่อป้องกันการเพิ่มความหนาแน่นบนทางด่วน

2.1.3 การจัดการคิวบนทางขึ้น (Ramp Queue Management)

ควบคุมความยาวของคิวบนทางขึ้นเพื่อป้องกันการย้อนกลับของคิวไปยังถนนท้องถิ่น ซึ่งอาจทำให้เกิดปัญหาการจราจรบนถนนข้างเคียง

2.1.4 การเปิดใช้ไหล่ทางเป็นช่องจราจร (Hard Shoulder Running)

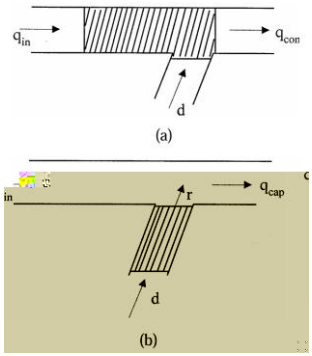
ในบางกรณี อาจเปิดใช้ไหล่ทางเป็นช่องจราจรเพิ่มเติมในช่วงเวลาที่มีความต้องการสูง เพื่อเพิ่มความสามารถในการรองรับปริมาณยานพาหนะ

การนำมาตรการเหล่านี้มาใช้ต้องพิจารณาสภาพการจราจรในพื้นที่และผลกระทบที่อาจเกิดขึ้น เพื่อให้การจัดการจราจรมีประสิทธิภาพสูงสุด

2.2 ระบบควบคุมการไหลจากทางขึ้นทางด่วน (Ramp metering)

Ramp Metering หรือระบบควบคุมการไหลของยานพาหนะจากทางขึ้นทางด่วน (on-ramp) ถือเป็นแนวทางการจัดการจราจรที่ได้รับการยอมรับว่ามีประสิทธิภาพในการลดความแออัดบนทางด่วน โดยแนวคิดหลักของระบบนี้คือ การควบคุมจำนวนรถที่เข้าสู่ทางด่วนให้อยู่ในระดับที่สามารถรักษาการไหลของการจราจรได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด การใช้งานระบบ Ramp Metering อย่างเหมาะสมสามารถลดระยะเวลาในการเดินทางโดยรวมของผู้ใช้ถนน เพิ่มความปลอดภัยจากการลดความจำเป็นในการเปลี่ยนเลน และลดมลพิษที่เกิดจากการจราจรติดขัด รูปที่ 3 แสดงพื้นที่การติดขัดกรณีที่มีและไม่มี Ramp metering

กลยุทธ์ของ Ramp Metering มีหลายรูปแบบ ได้แก่ 1) แบบกำหนดเวลา (Fixed-Time) ซึ่งใช้ข้อมูลความต้องการในอดีตเพื่อกำหนดอัตราการปล่อยรถในแต่ละช่วงเวลา 2) แบบตอบสนองตามสภาพจราจร (Reactive or Traffic-Responsive) ที่ใช้ข้อมูลจริงแบบเรียลไทม์ในการปรับการควบคุม โดยกลยุทธ์ ALINEA ได้รับการพิสูจน์ว่ามีประสิทธิภาพในการควบคุมท้องถิ่นที่ดีเยี่ยม 3) แบบหลายตัวแปร (Multivariable Control) ที่ควบคุมหลายทางขึ้นพร้อมกันอย่างประสานกัน และ 4) แบบควบคุมเชิงเหมาะสมที่ไม่เป็นเชิงเส้น (Nonlinear Optimal Control) ซึ่งคำนวณอัตราการปล่อยรถโดยรวมทั้งเครือข่ายจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุดตามเกณฑ์ที่กำหนด เช่น การลดเวลาการเดินทางรวมให้ต่ำที่สุด [4]



รูปที่ 3 พื้นที่การติดขัด (a) ไม่มี Ramp metering (b) มี Ramp metering [4]

2.3 การประยุกต์ใช้แบบจำลองการจราจร (Traffic Simulation)

แบบจำลองการจราจรเป็นเครื่องมือสำคัญในการวิเคราะห์และประเมินประสิทธิภาพของระบบขนส่ง โดยสามารถจำลองสถานการณ์การจราจรในรูปแบบต่าง ๆ เพื่อศึกษาและพัฒนามาตรการปรับปรุงการจราจรได้อย่างมีประสิทธิภาพ แบบจำลองการจราจรแบ่งได้ 3 ประเภท ดังนี้

2.3.1 แบบจำลองระดับจุลภาค (Microscopic Models)

เน้นการจำลองพฤติกรรมของยานพาหนะแต่ละคันในเครือข่ายการจราจร โดยพิจารณาการเคลื่อนที่ การเร่ง การเบรก และการเปลี่ยนช่องทางของยานพาหนะอย่างละเอียด ซอฟต์แวร์ที่ใช้ในกลุ่มนี้ เช่น PTV Vissim, Aimsun Next, SUMO และ Paramics [5-6]

2.3.2 แบบจำลองระดับมหภาค (Macroscopic Models)

มุ่งเน้นการวิเคราะห์การไหลของการจราจรในระดับภาพรวม โดยใช้ตัวแปรเช่น ความเร็วเฉลี่ย การไหล และความหนาแน่นของการจราจร เพื่อประเมินประสิทธิภาพของเครือข่ายการจราจร [7]

2.3.3 แบบจำลองระดับเมโซภาค (Mesoscopic Models)

เป็นการผสมผสานระหว่างแบบจำลองจุลภาคและมหภาค โดยพิจารณาพฤติกรรมของยานพาหนะในระดับกลุ่มหรือสายการจราจร เพื่อให้ได้ความสมดุลระหว่างความละเอียดและประสิทธิภาพในการประมวลผล [8]

2.4 แบบจำลองสภาพจราจรระดับจุลภาค Aimsun

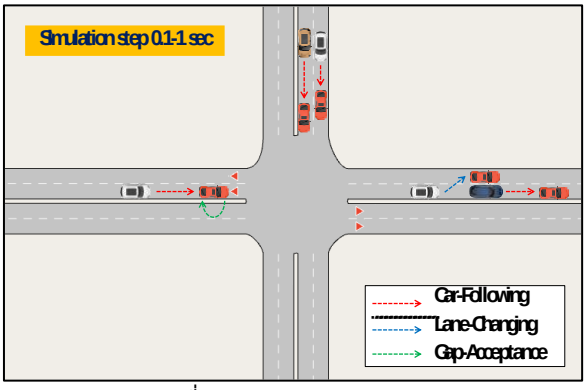
Aimsun Next เป็นซอฟต์แวร์จำลองการจราจรที่สามารถรองรับการจำลองได้หลายระดับ โดยการจำลองระดับจุลภาค (Microscopic Simulation) เป็นการจำลองที่มีความละเอียดสูงสุด เนื่องจากพิจารณาพฤติกรรมของยานพาหนะแต่ละคันในระบบจราจรอย่างต่อเนื่อง โดยการประมวลผลจะทำในลักษณะ time-driven โดยแบ่งช่วงเวลาการจำลองออกเป็นช่วงสั้น ๆ ที่เรียกว่า Simulation Step ซึ่งมักตั้งค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 0.1 ถึง 1.5 วินาที ทั้งนี้ การตั้งค่าความละเอียดของ Simulation Step จะมีผลต่อความแม่นยำของผลลัพธ์และระยะเวลาในการประมวลผล ภายในแต่ละช่วงของ Simulation Step ซอฟต์แวร์จะคำนวณการตัดสินใจและการเคลื่อนที่ของยานพาหนะรายคัน โดยอิงจากแบบจำลองพฤติกรรมหลัก 3 ประเภท ได้แก่

1) แบบจำลองการติดตามรถคันหน้า (Car Following Model) ซึ่งใช้สำหรับคำนวณความเร็วและระยะห่างที่ปลอดภัยระหว่างรถ โดยอ้างอิงพฤติกรรมของรถคันหน้า โมเดลที่นิยมใช้ เช่น Gipps Model, Intelligent Driver Model (IDM) และ Wiedemann Model

2) แบบจำลองการเปลี่ยนช่องทาง (Lane Changing Model) ซึ่งคำนึงถึงความเหมาะสมของการเปลี่ยนช่องทางโดยอิงจากข้อมูลช่องทางเป้าหมายที่มีความเป็นไปได้ (Valid Target Lanes) ที่ได้จากเงื่อนไขด้านการจราจร สภาพแวดล้อม และโครงสร้างถนน เช่น ช่องเลี้ยวล่วงหน้า หรือการปิดช่องทาง

3) แบบจำลองการยอมรับช่องว่าง (Gap Acceptance Model) ซึ่งใช้ในการตัดสินใจว่าการแทรกตัวหรือการเปลี่ยนช่องทางสามารถดำเนินการได้อย่างปลอดภัยหรือไม่ โดยพิจารณาจากขนาดของช่องว่าง ความเร็วสัมพัทธ์ และเวลาที่ใช้ในการแทรกตัว ดังแสดงในรูปที่ 4 [9]

การจำลองระดับจุลภาคนี้เหมาะสมอย่างยิ่งสำหรับการศึกษาในพื้นที่ที่ต้องการความละเอียดสูง เช่น บริเวณทางแยก ทางร่วม ทางออกทางด่วน หรือการจัดการจราจรเฉพาะจุด เนื่องจากสามารถแสดงผลการเคลื่อนที่และพฤติกรรมของยานพาหนะได้อย่างแม่นยำในระดับรายคัน ส่งผลให้สามารถนำผลการจำลองไปใช้ประกอบการออกแบบมาตรการหรือวิเคราะห์ทางเลือกเชิงนโยบายได้อย่างมีประสิทธิภาพ



รูปที่ 4 Micro model approach

2.5 การพัฒนาและปรับเทียบแบบจำลอง (Model Development and Calibration)

ในกระบวนการสร้างแบบจำลองการจราจรด้วย Aimsun Next การปรับเทียบ (Calibration) และการตรวจสอบความถูกต้อง (Validation) เป็นขั้นตอนสำคัญที่ช่วยให้แบบจำลองสามารถสะท้อนพฤติกรรมของระบบการจราจรจริงได้อย่างแม่นยำ กระบวนการเหล่านี้ประกอบด้วยขั้นตอนหลักดังต่อไปนี้

1) การสร้างแบบจำลองและการตรวจสอบเชิงสถิต (Model Build and Static Check): เริ่มต้นด้วยการสร้างโครงสร้างเครือข่ายถนนที่รวมถึงส่วนประกอบต่าง ๆ เช่น ลักษณะทางกายภาพของโครงข่าย (Network geometry) ส่วนถนน (road sections) ทางแยก (junctions) และการเคลื่อนที่ของยานพาหนะ (turning movements) รวมไปถึงประเภทของยานพาหนะ ความกว้างและความยาวของยานพาหนะ นอกจากนี้ ยังต้องกำหนดมาตรการจัดการจราจร เช่น การควบคุมความเร็ว การอนุญาตให้เลี้ยว และระบบสัญญาณไฟจราจร การตรวจสอบเชิงสถิตจะช่วยให้แน่ใจว่าโครงสร้างเครือข่ายถูกต้องและสอดคล้องกับสภาพความเป็นจริง

2) การตรวจสอบเชิงพลวัต (Dynamic Checks): หลังจากสร้างโครงสร้างเครือข่ายแล้ว จำเป็นต้องทำการจำลองการจราจรเพื่อสังเกตพฤติกรรมของยานพาหนะในสถานการณ์ต่าง ๆ เช่น การใช้ช่องจราจร พฤติกรรมการเปลี่ยนช่องจราจร ระยะการ Merging การใช้ช่องไหล่ทาง เป็นต้น การตรวจสอบเชิงพลวัตนี้ช่วยในการระบุปัญหาที่อาจเกิดขึ้นระหว่างการจำลอง เช่น การติดขัดที่ไม่คาดคิด หรือพฤติกรรมที่ไม่สมจริงของยานพาหนะ

3) การประมาณความต้องการเดินทาง (Estimating Travel Demand): การกำหนดรูปแบบความต้องการเดินทางเป็นขั้นตอนที่สำคัญในการสร้างแบบจำลองที่แม่นยำ ซึ่งรวมถึงการกำหนดรูปแบบการไหลของยานพาหนะที่จุดเข้า (input flow patterns) และเปอร์เซ็นต์การเลี้ยวที่ทางแยก (turn percentages) นอกจากนี้ การใช้เมทริกซ์ต้นทาง-ปลายทาง (OD matrices) ที่แบ่งตามเวลาและประเภทของยานพาหนะจะช่วยให้การจำลองมีความสมจริงมากขึ้น

4) การตรวจสอบความถูกต้อง (Validation): ขั้นตอนสุดท้ายคือการเปรียบเทียบผลลัพธ์จากการจำลองกับข้อมูลการจราจรที่สังเกตได้จริง โดยใช้สถิติต่าง ๆ เช่น Theil's U และ GEH เพื่อประเมินความแม่นยำของแบบจำลอง หากพบว่าผลลัพธ์ไม่สอดคล้องกับข้อมูลจริง ควรทำการปรับปรุงและปรับเทียบแบบจำลองเพิ่มเติมเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่น่าเชื่อถือ [10]

2.6 การตรวจสอบความถูกต้อง (Validation)

ในการประเมินความแม่นยำของผลการจำลองในกระบวนการปรับเทียบและตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองการจราจร นิยมใช้ค่าทางสถิติที่สำคัญ 2 ค่า ได้แก่ Theil's U (Theil's Inequality Coefficient) และ GEH Statistic โดย Theil's U เป็นค่าสัมพัทธ์ที่ใช้วัดความคลาดเคลื่อนเชิงสัมพัทธ์ระหว่างค่าที่ได้จากแบบจำลองและค่าที่ได้จากข้อมูลจริง โดยพิจารณารูปแบบแนวโน้มของข้อมูลทั้งชุด ค่าของ Theil's U ที่ใกล้ศูนย์บ่งชี้ว่าแบบจำลองมีความแม่นยำสูง โดยทั่วไปควรมีค่าไม่เกิน 0.1 จึงจะถือว่าผลการจำลองมีความเหมาะสม

ในขณะที่ GEH (Geoffrey E. Havers Statistic) เป็นค่าทางสถิติที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในงานวิศวกรรมจราจร โดยเฉพาะอย่างยิ่งสำหรับการเปรียบเทียบปริมาณจราจรที่จำลองขึ้นกับค่าที่สังเกตได้จริง GEH เป็นค่าที่รวมข้อดีของทั้งการวิเคราะห์แบบสัมพัทธ์และแบบสัมบูรณ์เข้าด้วยกัน โดยค่า GEH ที่ต่ำกว่า 5 ถือว่าผลการจำลองมีความแม่นยำสูง และค่าระหว่าง 5 ถึง 10 ยังคงสามารถยอมรับได้ในการใช้งานจริง ทั้งนี้ ค่าทั้งสองมีบทบาทสำคัญในการพิจารณาว่าแบบจำลองที่พัฒนาขึ้นนั้นมีความสอดคล้องกับสภาพการจราจรจริงเพียงใด และควรนำมาใช้ในการปรับเทียบแบบจำลองก่อนนำไปใช้วิเคราะห์หรือตัดสินใจในเชิงนโยบาย (Aimsun) [10]

(1)

โดยที่ S หมายถึงตัวแปรด้านการจราจรจากแบบจำลอง, O หมายถึงตัวแปรด้านการจราจรจากการสำรวจ และ GEH คือผลลัพธ์ที่ได้

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เกื้อกูล เอี่ยมชูแสง นันทวรรณ พิทักษ์พานิช และเทพฤทธิ์ รัตนปัญญากร [11] ได้ศึกษาแนวทางแก้ไขปัญหาการจราจรติดขัดบริเวณทางต่างระดับพญาไทพบว่า ทางพิเศษศรีรัช บริเวณต่างระดับพญาไท (ทิศทางมุ่งหน้าประชาชื่น) ในช่วงเวลาเร่งด่วนเย็น (16:00–19:00 น.) มีปริมาณจราจรเดินทางจากในเมืองออกนอกเมืองเป็นจำนวนมาก จนเกิดเป็นปัญหาท้ายแถวคอยสะสมระยะทางประมาณ 5 กิโลเมตร และเกิดอุบัติเหตุจากการเบียดเฉี่ยวชนกรณีแย่งใช้ช่องทาง ซึ่งปัญหาการเกิดอุบัติเหตุนั้นสอดคล้องกับลักษณะทางกายภาพที่เป็นทางร่วมของ 2 ทิศทาง คือ ทิศทางจากอโศกและทิศทางจากบางโคล่เพื่อมุ่งหน้างามวงศ์วาน โดยได้ดำเนินมาตรการบริหารจัดการจราจรด้วยวิธีการตัดสลับทิศทางการจราจร คือ การปิด/เปิดการจราจรทิศทางจากบางโคล่ ทุกๆ 5 นาที โดยมีเจ้าหน้าที่จราจรทำหน้าที่ตัดสลับการจราจรทุก ๆ 5 นาที เพื่อเป็นการแก้ไขปัญหาแถวคอยสะสมและลดการเกิดอุบัติเหตุเฉี่ยวชน ซึ่งผลจากการดำเนินมาตรการดังกล่าวพบว่า ในช่วงเวลา 16:00–19:00 น. ทิศทางจากอโศกมีอัตราการไหลของการจราจรเฉลี่ยมากขึ้นร้อยละ 8.56 และความยาวช่วงชะลอความเร็ว

ลดลงร้อยละ 38 และทิศทางจากบางโคล่ มีอัตราการไหลของการจราจรเฉลี่ยมากขึ้นร้อยละ 7.77 และความยาวช่วง ชะลอความเร็วลดลงร้อยละ 21.1 ดังนั้น มาตรการการตัดสลับนี้จะช่วยให้ ปัญหาแถวคอยสะสมลดลง อัตราการไหลดีขึ้น

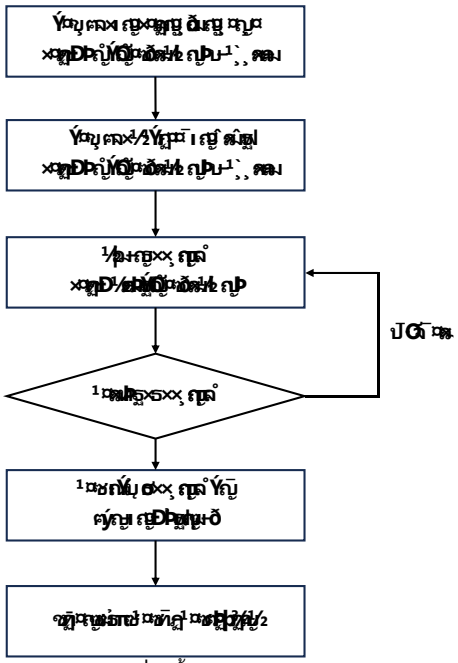
นพคุณ บุญกระพือ และคณะ [12] ได้ศึกษาผลกระทบของพฤติกรรมการขับขี่บนไหล่ทางบนทางพิเศษในช่วงเวลาที่การจราจรติดขัดในเขตกรุงเทพมหานคร โดยมุ่งเน้นพฤติกรรมของผู้ขับขี่ที่เลือกวิ่งบนไหล่ทางเพื่อหลีกเลี่ยงการจราจรคับคั่ง งานวิจัยนี้ประยุกต์ใช้แบบจำลองการจราจรระดับจุลภาคด้วยโปรแกรม AIMSUN เพื่อประเมินผลกระทบในกรณีที่มีและไม่มีการใช้ไหล่ทาง ทั้งในสภาวะปกติและกรณีเกิดอุบัติเหตุ ตัวชี้วัดที่ใช้ประเมินผลได้แก่ ความเร็วเฉลี่ย เวลาในการเดินทาง ความล่าช้า และความยาวแถวคอย จากผลการศึกษา พบว่าในช่วงที่ปริมาณจราจรรวมสูงกว่า 7,000 คันต่อชั่วโมง การใช้ไหล่ทางช่วยลดความล่าช้าและเพิ่มความเร็วเฉลี่ยได้อย่างมีประสิทธิภาพ อย่างไรก็ตาม ในช่วงที่ปริมาณจราจรต่ำกว่า 6,500 คันต่อชั่วโมง การไม่ใช้ไหล่ทางให้ผลลัพธ์ด้านการจราจรที่ดีกว่า นอกจากนี้ในกรณีที่มีอุบัติเหตุ การใช้ไหล่ทางไม่สามารถช่วยบรรเทาการติดขัดได้ และยังส่งผลเสียต่อความคล่องตัวของการจราจร เนื่องจากการแทรกกลับช่องจราจรหลักของรถที่วิ่งบนไหล่ทาง ดังนั้น งานวิจัยนี้เน้นย้ำถึงความจำเป็นของการควบคุมการใช้ไหล่ทางอย่างเหมาะสมตามสภาพจราจร เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการจราจรและลดผลกระทบในกรณีเกิดอุบัติเหตุ

Kevin A. Haboian [13] ได้ศึกษาศักยภาพของระบบควบคุมการจราจรบนทางด่วนแบบ Mainline Metering ซึ่งเป็นการควบคุมจำนวนยานพาหนะที่เข้าสู่ทางด่วนหลัก เพื่อปรับปรุงการไหลของจราจรและลดความแออัดบริเวณปลายทางของพื้นที่ควบคุม แม้ระบบนี้จะประสบความสำเร็จในบางพื้นที่ เช่น สะพานและอุโมงค์ในสหรัฐอเมริกา แต่ยังไม่มีการนำมาใช้อย่างแพร่หลายในระบบทางด่วนเมืองทั่วไป การศึกษานี้ใช้แบบจำลองการจราจรแบบจุลภาค (INTRAS) เพื่อวิเคราะห์ผลกระทบของ Mainline Metering ภายใต้เงื่อนไขต่าง ๆ ของปริมาณการจราจร โดยเปรียบเทียบกับสถานการณ์ที่ไม่มีการควบคุม และมีเพียง Ramp Metering ผลการจำลองแสดงให้เห็นว่า Mainline Metering สามารถเพิ่มปริมาณการไหลของยานพาหนะ ความเร็วเฉลี่ย และลดเวลาการเดินทาง โดยไม่สร้างความล่าช้ารวมของเครือข่ายทางด่วน ทั้งยังช่วยให้ยานพาหนะที่เข้าจากทางขึ้น downstream ของจุดควบคุม สามารถเข้าถึงสภาพจราจรที่ดีกว่า

Skabardonis. A. และ Lu. X [14] ได้ดำเนินการศึกษาเกี่ยวกับการใช้กลยุทธ์ควบคุม Ramp Metering บนทางด่วน US-101 ในเขต San Mateo ประเทศสหรัฐอเมริกา โดยได้มีการรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลด้านการจราจรและลักษณะการดำเนินงานของทางด่วน เพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการจำลองสถานการณ์ จากนั้นได้ทำการประเมินกลยุทธ์ต่าง ๆ ของการเปิดใช้งาน Ramp Metering ด้วยแบบจำลอง VISSIM ผลการวิเคราะห์จากการจำลองพบว่า การดำเนินการระบบ Ramp Metering แบบตลอด 24 ชั่วโมง (24-7 operation) สามารถยกระดับประสิทธิภาพของการจราจรบนทางด่วนสายหลักได้ โดยเพิ่มความเร็วเฉลี่ยในการเดินทางและลดเวลาเดินทางรวมของทั้งเส้นทาง อย่างไรก็ตาม ไม่พบการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญในด้านอัตราการระบายรถที่จุดติดขัด (bottleneck discharge flow) และความน่าเชื่อถือของเวลาเดินทาง (travel-time reliability)

3. วิธีการดำเนินงาน

วิธีการดำเนินงานเริ่มต้นจากการตรวจสอบรูปแบบการบริหารจัดการจราจรโดยเจ้าหน้าที่การทางพิเศษในวันที่ 10 กุมภาพันธ์ พ.ศ.2568 และตรวจสอบพฤติกรรมการขับขี่บริเวณทางต่างระดับพญาไท จากนั้นพัฒนาแบบจำลองบริเวณพื้นที่ทางต่างระดับพญาไท และทำการตรวจสอบเชิงสถิต (Static check) และการตรวจสอบเชิงพลวัต (Dynamic check) ของโครงข่ายที่สร้างขึ้น จากนั้นทำการสร้างสถานการณ์การจำลองการจราจร 3 กรณี ได้แก่ 1) ปิด/เปิดการจราจรทิศทางจากบางโคล่ 2) สลับปิด/เปิดการจราจรทิศทางจากบางโคล่และพระราม 9 และ 3) ใช้ระบบ Ramp metering ควบคุมการจราจรจากพระราม 9 โดยในแต่ละกรณีจะกำหนด Experiment ย่อยเพื่อทดลองเวลาปิด/เปิดที่หลากหลาย จากนั้นทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบกรณีต่าง ๆ ด้วยตัวแปรด้านการจราจร 3 ตัวแปร ได้แก่ ความล่าช้า (Delay time) เวลาในการเดินทางเฉลี่ย (Travel time) และความเร็วเฉลี่ย (Speed) รูปที่ 5 แสดงแผนภาพขั้นตอนการดำเนินงาน

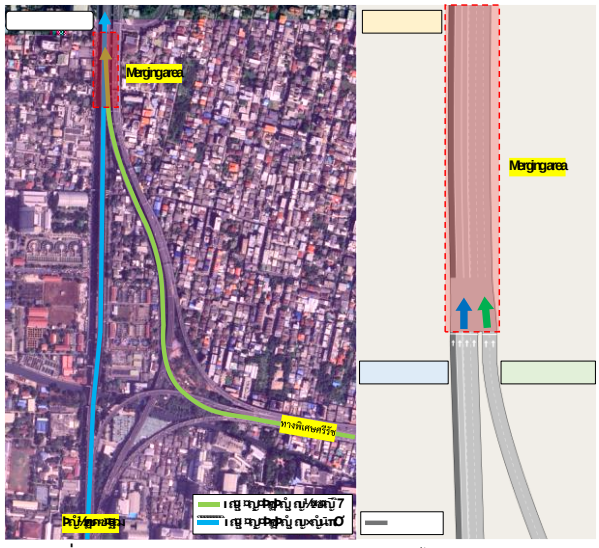


รูปที่ 5 ขั้นตอนการดำเนินงาน

3.1 พื้นที่ศึกษา

การศึกษาวิจัยนี้ได้เลือกทางพิเศษศรีรัชในบริเวณพื้นที่ต่างระดับพญาไท (Phaya Thai interchange) เฉพาะช่วงทางร่วมของการจราจร 2 ทิศทาง ได้แก่ ทิศทางจากพระราม 9 และทิศทางจากบางโคล่ (มุ่งหน้าสู่แจ้งวัฒนะ) ดังแสดงในรูปที่ 6 ในบริเวณดังกล่าวมีลักษณะทางกายภาพเป็นทางร่วมต่างระดับของการจราจร 2 ทิศทาง และเป็นช่วงบริเวณที่มีปริมาณการจราจรมากที่สุดในช่วงเร่งด่วนเย็น 16:00–19:00 น. ทำให้เกิดปัญหาการจราจร

ติดขัดเป็นอย่างมาก ตารางที่ 1 แสดงรายละเอียดช่องจราจรบริเวณทางต่างระดับพญาไท



รูปที่ 6 ลักษณะทางกายภาพบริเวณต่างระดับพญาไท ทางพิเศษศรีรัช

ตารางที่ 1 รายละเอียดช่องจราจรบริเวณทางต่างระดับพญาไท

ทิศทาง	ความกว้างช่องจราจร (เมตร)			
	ช่องไหล่ทาง	ช่องทาง 1	ช่องทาง 2	ช่องทาง 3
บางโคล่	3.0	3.5	3.5	3.5
พระราม 9	2.5	3.5	3.5	-

3.2 การจัดการจราจรโดยเจ้าหน้าที่บริเวณต่างระดับพญาไท

การทางพิเศษแห่งประเทศไทย (กทพ.) ได้มีมาตรการบริหารจัดการจราจรบริเวณทางต่างระดับพญาไท โดยใช้เจ้าหน้าที่จราจรในการสลับปิด/เปิดการจราจรจากทิศทางบางโคล่ทุก ๆ 5 นาที ดังแสดงในรูปที่ 7 และมีการปิดช่องทางจราจรช่องทางขวา 1 ช่องทางจากทิศทางบางโคล่ ดังแสดงในรูปที่ 8 เพื่อให้การจราจรจากทิศทางพระราม 9 ตัดเข้ามาในทางหลักได้อย่างสะดวก ตารางที่ 2 แสดงผลการสำรวจการจัดการจราจรบริเวณทางต่างระดับพญาไทในวันที่ 10 กุมภาพันธ์ พ.ศ.2568 โดยพบว่าการจราจรจากบางโคล่มีระยะเวลาในการปิดเฉลี่ย 4 นาที และระยะเวลาในการเปิดเฉลี่ย 6 นาที



รูปที่ 7 การหยุดการจราจรจากทิศทางบางโคล่โดยเจ้าหน้าที่จราจร



รูปที่ 8 การปิดช่องจราจรทางขวา ทิศทางจากบางโคล่

ตารางที่ 2 การสำรวจการจัดการจราจรบริเวณทางต่างระดับพญาไท

ช่วงเวลา*	ระยะเวลา (นาที)	การจัดการจราจร
15:50 -18:40 น.	170	เจ้าหน้าที่ปิดช่องจราจรขวาจากบางโคล่
17:03 – 17:06 น.	3	หยุดการจราจรจากบางโคล่ทั้งหมด
17:07 – 17:23 น.	16	เปิดการจราจรจากบางโคล่
17:24 – 17:26 น.	2	หยุดการจราจรจากบางโคล่ทั้งหมด
17:27 – 17:29 น.	2	เปิดการจราจรจากบางโคล่
17:30 – 17:33 น.	3	หยุดการจราจรจากบางโคล่ทั้งหมด
17:34 – 17:38 น.	4	เปิดการจราจรจากบางโคล่
17:39 – 17:43 น.	4	หยุดการจราจรจากบางโคล่ทั้งหมด
17:44 – 17:51 น.	7	เปิดการจราจรจากบางโคล่
17:52 – 17:56 น.	4	หยุดการจราจรจากบางโคล่ทั้งหมด
17:57 – 18:13 น.	16	เปิดการจราจรจากบางโคล่
18:14 – 18:16 น.	2	หยุดการจราจรจากบางโคล่ทั้งหมด
18:17 – 18:30 น.	13	เปิดการจราจรจากบางโคล่
18:31 – 18:34 น.	3	หยุดการจราจรจากบางโคล่ทั้งหมด
18:35 – 18:37 น.**	2	หยุดการจราจรจากพระราม 9 ทั้งหมด
18:35 น. เป็นต้นไป	-	เปิดการจราจรจากบางโคล่
18:38 น. เป็นต้นไป	-	เปิดการจราจรจากพระราม 9
18:43 น.		เจ้าหน้าที่หยุดปฏิบัติงาน

** ช่วงเวลาการเปิด/ปิดการจราจรจากบางโคล่ อาจขึ้นอยู่กับดุลพินิจของเจ้าหน้าที่*

*** เจ้าหน้าที่ทำการปิดการจราจรจากพระราม 9 เพื่อระบายแถวคอยจากทางบางโคล่ก่อนหยุดการปฏิบัติงาน*

3.3 การพัฒนาแบบจำลอง

3.3.1 ข้อมูลโครงข่ายถนน (Road Network Data)

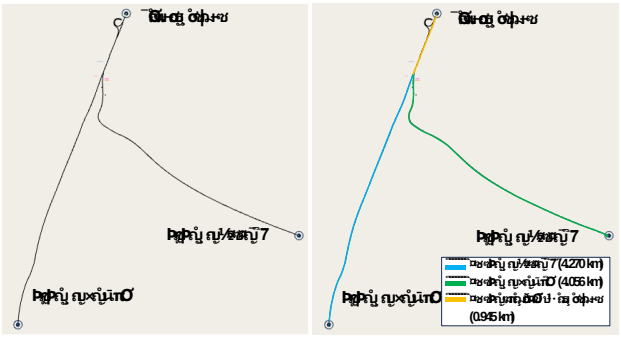
การสร้างแบบจำลองเริ่มต้นด้วยการนำเข้าแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศ รูปที่ 9 (ก) และข้อมูล OpenStreetMap รูปที่ 9 (ข) ซึ่งเป็นแหล่งข้อมูล GIS แบบเปิดที่ให้ข้อมูลตำแหน่งถนน ทางแยก สิ่งปลูกสร้าง และลักษณะภูมิประเทศทั่วโลก เป็นเครื่องมือที่สำคัญในการช่วยระบุรูปแบบและโครงสร้างของเส้นทางในพื้นที่ศึกษาได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ขอบเขตของการจำลองโครงข่ายในทิศทางจากบางโคล่เริ่มต้นที่ กม. 6+100B ถึง 10+200B ระยะทางประมาณ 4.06 กิโลเมตร ในทิศทางจากพระราม 9 เริ่มต้นที่ 3+900B (หลังด่านเก็บค่าผ่านทางอโศก) ไปจนถึงทางแยกต่างระดับพญาไท ระยะทางประมาณ 4.27 กิโลเมตร และมีระยะทางจากทางแยกต่างระดับพญาไทไปยังแจ้งวัฒนะประมาณ 0.945 กิโลเมตร ดังแสดงในรูปที่ 10



(ก) (ข)

รูปที่ 9 (ก) ข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศ (ข) ข้อมูล OpenStreetMap



รูปที่ 10 โครงข่ายทางพิเศษในการจำลอง

3.3.2 การนำเข้าข้อมูลปริมาณการจราจร

รูปแบบการนำเข้าข้อมูลเป็นการป้อนปริมาณจราจรแบบตารางการเดินทาง (O/D Matrix) คือ ต้องมีการกำหนดจุดต้นทาง-ปลายทาง (Centroid) เพื่อเชื่อมต่อทางเข้า และออกของปริมาณจราจรบนโครงข่ายถนน โดยแบ่งแยกตารางการเดินทางตามประเภทรถ และช่วงเวลาที่ใช้ในการจำลองสภาพจราจร พร้อมทั้งระบุจำนวนการเดินทาง (Trips) จากแหล่งจุดต้นทาง (Origin) ไปยังจุดปลายทางต่าง ๆ (Destinations) ตามกำหนดไว้บนแนวโครงข่ายถนนในแบบจำลอง

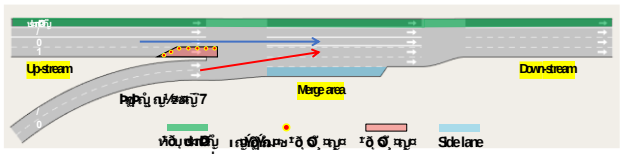
การศึกษาครั้งนี้มีการกำหนดปริมาณจราจรขึ้นมา ซึ่งเป็นปริมาณจราจรที่ทำให้เกิดปัญหาการติดขัดที่ใกล้เคียงกับสถานการณ์จริง โดยมีจุดต้นทาง 2 จุด ได้แก่ บางโคล่และพระราม 9 และมีการกำหนดจุดปลายทาง 1 จุด คือ แจ้งวัฒนะ ในส่วนของจุดปลายทางที่เป็นทางออกคลองประปา 1 ไม่ได้ถูกจำลองในการศึกษาครั้งนี้ เนื่องจากยังไม่ทราบข้อมูลสัดส่วนปริมาณจราจร (O/D Matrix) ที่ใช้ทางออกดังกล่าว ยานพาหนะที่ใช้ในจำลอง คือ รถยนต์ ตารางที่ 3 แสดงปริมาณจราจรจากจุดต้นทางไปยังจุดปลายทาง

ตารางที่ 3 ปริมาณจราจรที่ใช้ในการศึกษา

ปริมาณจราจร (คัน/ชั่วโมง)	
จุดปลายทาง / จุดต้นทาง	แจ้งวัฒนะ
บางโคล่	4,500
พระราม 9	3,000

3.4 การปรับเทียบแบบจำลอง (Model calibration)

ในการสร้างแบบจำลอง ได้มีการปรับปรุงลักษณะของแบบจำลองเพื่อให้สอดคล้องกับพฤติกรรมการจราจรในสถานการณ์จริง โดยได้มีการเปิดใช้ช่องจราจรไหล่ทางในทิศทางจากบางโคล่ และกำหนดความเร็วที่ 60 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ขณะที่ช่องจราจรปกติกำหนดความเร็วที่ 100 กิโลเมตรต่อชั่วโมง นอกจากนี้ ได้มีการปิดช่องจราจรทางขวา 1 ช่องทางก่อนถึงทางร่วม (Merging area) ในทิศทางจากบางโคล่ และกำหนดให้ยานพาหนะในแบบจำลองมีระยะการมองเห็นจุดปิดช่องจราจรทางเลนขวาที่ระยะ 150 เมตร รวมทั้งศึกษาพฤติกรรมการใช้ช่องจราจรเสริม (Side lane) และกำหนดระยะทางในการเปลี่ยนช่องจราจร (Merging Distance) สำหรับรถที่มาจากทิศทางพระราม 9 ที่ 150 เมตร ดังรูปที่ 11



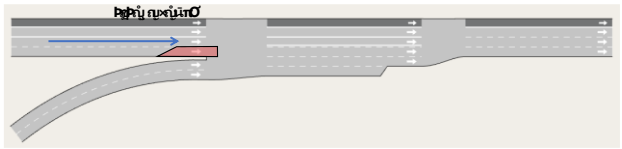
รูปที่ 11 การปรับเทียบแบบจำลอง

3.5 การกำหนดรูปแบบสถานการณ์

การศึกษาครั้งนี้ได้แบ่งการจำลองการจราจรออกเป็น 3 มาตรการ โดยในแต่ละกรณีจะมีการแบ่งการทดลองย่อย (Experiment) และในแต่ละการทดลองย่อยจะทำการทดสอบแบบจำลองซ้ำ (Replication) เป็นจำนวน 3 ครั้ง เพื่อหาค่าเฉลี่ยของการจำลอง โดยมีการกำหนดค่า Random seed เดียวกันของทุกการทดลองย่อยในแต่ละกรณี เพื่อใช้เป็นตัวแปรควบคุมในการจำลอง นอกจากนี้ยังได้มีการกำหนดมาตรการที่ไม่มีการจัดการจราจร (Do nothing) เพิ่มขึ้นมา ซึ่งเป็นกรณีที่ปล่อยให้การจราจรทั้ง 2 ทิศทางเชื่อมกันโดยอิสระ ไม่มีการจัดการจราจรใด ๆ เพื่อใช้เปรียบเทียบผลการศึกษา รายละเอียดการกำหนดกรณีต่าง ๆ มีดังนี้

3.5.1 มาตรการที่ 1 ปิด/เปิดการจราจรทิศทางจากบางโคล่

ปิดการจราจรทิศทางจากบางโคล่ทุกช่องทาง โดยมีการกำหนดเวลาปิด/เปิดที่แตกต่างกันดังแสดงในตารางที่ 4 รอบเวลาในการปิด/เปิดการจราจร (Cycle time) จะนับรอบครั้งละ 10 นาที และมีการปิด 1 ช่องจราจรด้านขวาสุดจากทิศทางบางโคล่เป็นระยะทางสั้น ๆ ก่อนถึงทางร่วม การจราจรจากบางโคล่มีการใช้ไหล่ทาง ในส่วนของการจราจรทิศทางจากพระราม 9 จะไม่มีการปิดการจราจร รูปที่ 12 แสดงการจัดการจราจรในมาตรการที่ 1



รูปที่ 12 การจัดการจราจรในมาตรการที่ 1

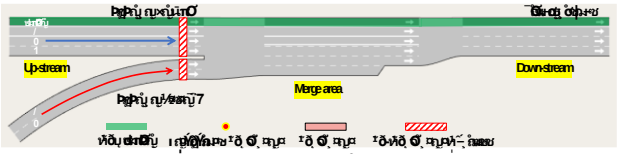
ตารางที่ 4 การกำหนด Experiment สำหรับมาตรการที่ 1

Experiment	ทิศทางการจราจร	เวลาในการปิด/เปิดการจราจร (นาที)	
		ปิด	เปิด
1.1	บางโคล่	2	8
	พระราม 9	-	ตลอดเวลา
1.2	บางโคล่	3	7
	พระราม 9	--	ตลอดเวลา
1.3*	บางโคล่	4	6
	พระราม 9	-	ตลอดเวลา

** Experiment ที่ 1.3 ตรงกับสถานการณ์ในปัจจุบัน (Existing case)*

3.5.2 มาตรการที่ 2 สลับปิด/เปิดการจราจรจากบางโคล่และพระราม 9

สลับการปิด/เปิดการจราจรระหว่างทิศทางจากบางโคล่และทิศทางจากพระราม 9 เป็นลักษณะคล้ายกับสัญญาณไฟบริเวณทางแยก โดยมีการกำหนดเวลาปิด/เปิดสลับทิศทางกัน ทิศทางละ 2 3 และ 4 นาที นอกจากนี้ยังมีการทดลองปรับอัตราส่วนการปิด/เปิดในเวลาที่ไม่เท่ากัน โดยเปิดการจราจรจากพระราม 9 4 นาที และเปิดการจราจรจากบางโคล่ 3 นาที การจราจรจากบางโคล่มีการใช้ไหล่ทาง ดังแสดงในรูปที่ 13

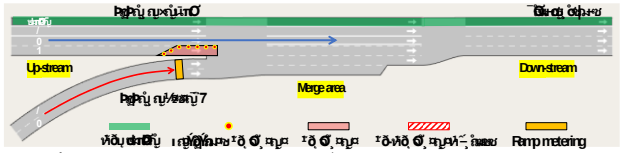


รูปที่ 13 การจัดการจราจรในมาตรการที่ 2

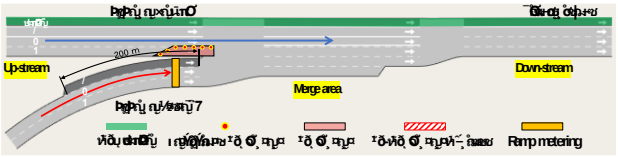
3.5.3 มาตรการที่ 3 ใช้ระบบ Ramp metering ควบคุมการจราจรจากพระราม 9

ในมาตรการนี้ จะมีการนำเอาระบบ Ramp metering มาประยุกต์ใช้ในการควบคุมการจราจรทิศทางจากพระราม 9 โดยมาตรการนี้แบ่งออกได้เป็น 4 Experiment ได้แก่

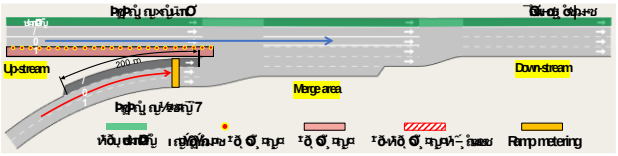
1) กรณีที่ไม่มีการเปิดใช้ไหล่ทางจากทิศทางพระราม 9 โดยมีการควบคุมอัตราการไหลสูงสุดของการจราจรจากพระราม 9 ไว้ที่ 2,500 คัน/ชั่วโมง และมีการจำลองการปล่อยยานพาหนะเป็นกลุ่ม (Platoons) กลุ่มละ 2 คันต่อช่องจราจรต่อรอบสัญญาณไฟ (รอบละ 2 คัน) และมีการปิด 1 ช่องจราจรด้านขวาสุดจากทิศทางบางโคล่เป็นระยะทางสั้น ๆ ก่อนถึงทางร่วม ดังรูปที่ 14
2) กรณีเช่นเดียวกับข้อ 1 ทุกประการ แต่มีการจำลองการปล่อยยานพาหนะเป็นกลุ่ม (Platoons) กลุ่มละ 3 คันต่อช่องจราจรต่อรอบสัญญาณไฟ (รอบละ 3 คัน) ดังรูปที่ 14
3) กรณีที่มีการปรับไหล่ทางให้เป็นช่องจราจรในทิศทางพระราม 9 เป็นระยะทาง 200 เมตร ก่อนถึงทางร่วม (Merging area) โดยลดความกว้างในช่องจราจรปกติลงและเพิ่มความกว้างของไหล่ทาง โดยเฉลี่ยแล้วสามารถปรับช่องจราจรเป็น 3 ช่อง ความกว้างช่องละ 3.1 เมตรได้ นอกจากนี้มีการควบคุมอัตราการไหลสูงสุดของการจราจรจากพระราม 9 ไว้ที่ 3,000 คัน/ชั่วโมง และมีการจำลองการปล่อยยานพาหนะเป็นกลุ่ม ๆ (Platoons) กลุ่มละ 2 คันต่อช่องจราจรต่อรอบสัญญาณไฟ (รอบละ 2 คัน) และมีการปิด 1 ช่องจราจรด้านขวาสุดจากทิศทางบางโคล่เป็นระยะทางสั้น ๆ ก่อนถึงทางร่วม ดังรูปที่ 15
4) กรณีเช่นเดียวกับข้อ 3 ทุกประการ แต่มีการปิด 1 ช่องจราจรด้านขวาสุดจากทิศทางบางโคล่เป็นระยะทาง 800 เมตร ดังรูปที่ 16



รูปที่ 14 การจัดการจราจรในมาตรการที่ 3 สำหรับ Experiment 3.1 - 3.2



รูปที่ 15 การจัดการจราจรในมาตรการที่ 3 สำหรับ Experiment 3.3



รูปที่ 16 การจัดการจราจรในมาตรการที่ 3 สำหรับ Experiment 3.4

3.6 การตรวจสอบความถูกต้อง (Model Validation)

ในการศึกษานี้ได้เลือกใช้ค่าทางสถิติ GEH (Geoffrey E. Havers Statistic) เป็นเกณฑ์สำหรับการปรับเทียบแบบจำลองการจราจร โดยค่า GEH ที่ต่ำกว่า 5 ถือว่าผลการจำลองมีความแม่นยำสูง และค่าระหว่าง 5 ถึง 10 ยังคงสามารถยอมรับได้ในการใช้งานจริง และค่าที่มากกว่า 10 จะถือว่ามีคลาดเคลื่อนมาก

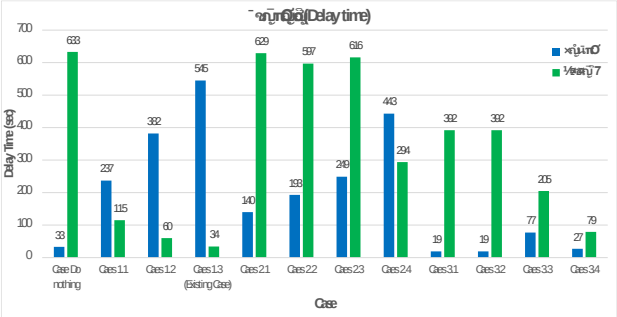
4. ผลการศึกษา

4.1 ผลการจำลองการจราจร

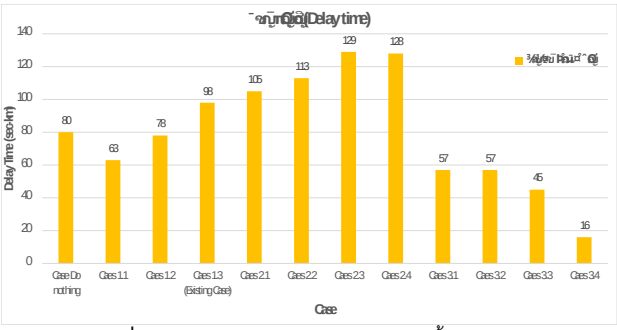
ผลการจำลองจะแสดงอยู่ในรูปของตัวแปรหลัก 4 ด้าน ได้แก่ ความล่าช้า (Delay time), เวลาในการเดินทางเฉลี่ย (Travel time) ความเร็วเฉลี่ย (Speed) และความยาวแถวคอย (Queue length) ซึ่งสามารถวิเคราะห์แยกตามทิศทาง (บางโคล่และพระราม 9) และรวมทั้งโครงข่าย ดังนี้

4.1.1 ความล่าช้า (Delay time)

รูปที่ 17 แสดงความล่าช้าของการจราจรแบบแยกทิศทาง (บางโคล่และพระราม 9) รูปที่ 18 แสดงความล่าช้าของการจราจรภาพรวมทั้งโครงข่าย



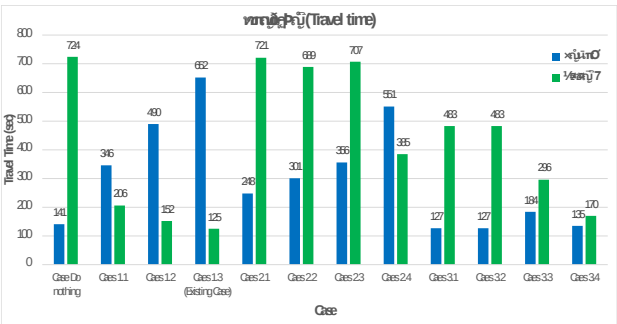
รูปที่ 17 ความล่าช้าของการจราจรจากบางโคล่และพระราม 9



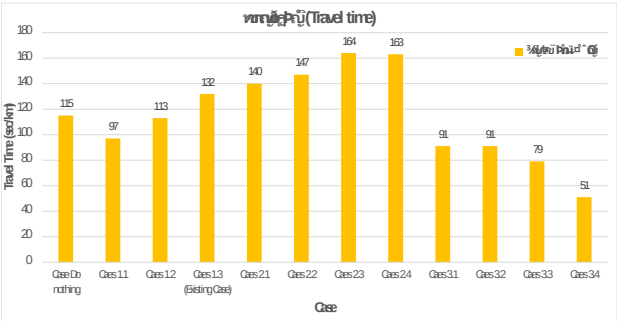
รูปที่ 18 ความล่าช้าของการจราจรภาพรวมทั้งโครงข่าย

4.1.2 เวลาการเดินทาง (Travel time)

รูปที่ 19 แสดงเวลาการเดินทางของการจราจรแบบแยกทิศทาง (บางโคล่และพระราม 9) รูปที่ 20 แสดงเวลาการเดินทางของการจราจรภาพรวมทั้งโครงข่าย



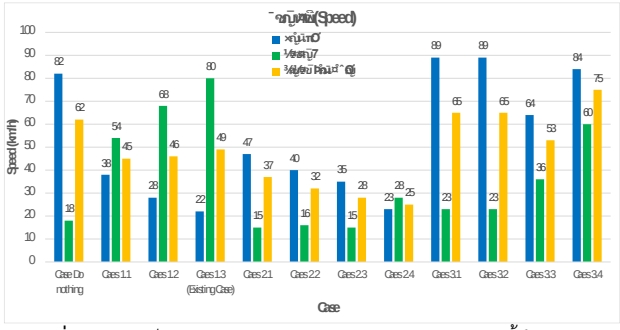
รูปที่ 19 เวลาเดินทางของการจราจรจากบางโคล่และพระราม 9



รูปที่ 20 เวลาเดินทางของการจราจรภาพรวมทั้งโครงข่าย

4.1.3 ความเร็ว (Speed)

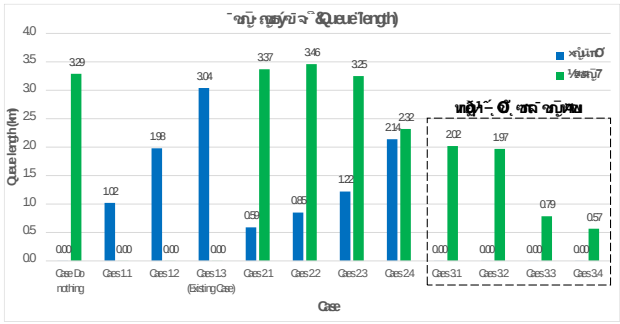
รูปที่ 21 แสดงความเร็วของการจราจรแบบแยกทิศทาง (บางโคล่และพระราม 9) และภาพรวมทั้งโครงข่าย



รูปที่ 21 ความเร็วของการจราจรแบบแยกทิศทางและภาพรวมทั้งโครงข่าย

4.1.4 ความยาวแถวคอย (Queue length)

รูปที่ 22 แสดงความยาวแถวคอยของการจราจรแบบแยกทิศทาง (บางโคล่และพระราม 9)



รูปที่ 22 ความแถวคอยของการจราจรจากบางโคล่และพระราม 9

4.2 การเปรียบเทียบแบบจำลองแต่ละกรณี

4.2.1 การเปรียบเทียบความล่าช้า (Delay time)

ตารางที่ 5 แสดงเปอร์เซ็นต์การเปรียบเทียบความล่าช้าของกรณีต่าง ๆ เทียบกับกรณีที่ 1.3 (Existing case)

ตารางที่ 5 เปอร์เซ็นต์การเปรียบเทียบความล่าช้า

กรณี	เปอร์เซ็นต์การเปรียบเทียบความล่าช้า*		
	จากบางโคล่	จากพระราม 9	ภาพรวมทั้งโครงข่าย
Do nothing	93.9%	-1761.8%	18.4%
1.1	56.5%	-238.2%	35.7%
1.2	29.9%	-76.5%	20.4%
1.3*	0.0%	0.0%	0.0%
2.1	74.3%	-1750.0%	-7.1%
2.2	64.6%	-1655.9%	-15.3%
2.3	54.3%	-1711.8%	-31.6%
2.4	18.7%	-764.7%	-30.6%
3.1	96.5%	-1052.9%	41.8%
3.2	96.5%	-1052.9%	41.8%
3.3	85.9%	-502.9%	54.1%
3.4	95.0%	-132.4%	83.7%

** ใช้กรณีที่ 1.3 (Existing case) เป็นค่าฐานในการเปรียบเทียบ*

4.2.2 การเปรียบเทียบเวลาเดินทาง (Travel time)

ตารางที่ 6 แสดงเปอร์เซ็นต์การเปรียบเทียบเวลาการเดินทางของกรณีต่าง ๆ เทียบกับกรณีที่ 1.3 (Existing case)

ตารางที่ 6 เปอร์เซ็นต์การเปรียบเทียบเวลาเดินทาง

กรณี	เปอร์เซ็นต์การเปรียบเทียบเวลาการเดินทาง*		
	จากบางโคล่	จากพระราม 9	ภาพรวมทั้งโครงข่าย
Do nothing	78.4%	-479.2%	12.9%
1.1	46.9%	-64.8%	26.5%
1.2	24.8%	-21.6%	14.4%
1.3*	0.0%	0.0%	0.0%
2.1	62.0%	-476.8%	-6.1%
2.2	53.8%	-451.2%	-11.4%
2.3	45.4%	-465.6%	-24.2%
2.4	15.5%	-208.0%	-23.5%
3.1	80.5%	-286.4%	31.1%
3.2	80.5%	-286.4%	31.1%
3.3	71.8%	-136.8%	40.2%
3.4	79.3%	-36.0%	61.4%

** ใช้กรณีที่ 1.3 (Existing case) เป็นค่าฐานในการเปรียบเทียบ*

4.2.3 การเปรียบเทียบความเร็ว (Speed time)

ตารางที่ 7 แสดงเปอร์เซ็นต์การเปรียบเทียบความเร็วของกรณีต่าง ๆ เทียบกับกรณีที่ 1.3 (Existing case)

ตารางที่ 7 เปอร์เซ็นต์การเปรียบเทียบความเร็ว

กรณี	เปอร์เซ็นต์การเปรียบเทียบความเร็ว*		
	จากบางโคล่	จากพระราม 9	ภาพรวมทั้งโครงข่าย
Do nothing	272.7%	-77.5%	26.5%
1.1	72.7%	-32.5%	-8.2%
1.2	27.3%	-15.0%	-6.1%
1.3*	0.0%	0.0%	0.0%
2.1	113.6%	-81.3%	-24.5%
2.2	81.8%	-80.0%	-34.7%
2.3	59.1%	-81.3%	-42.9%
2.4	4.5%	-65.0%	-49.0%
3.1	304.5%	-71.3%	32.7%
3.2	304.5%	-71.3%	32.7%
3.3	190.9%	-55.0%	8.2%
3.4	281.8%	-25.0%	53.1%

** ใช้กรณีที่ 1.3 (Existing case) เป็นค่าฐานในการเปรียบเทียบ*

4.3 ผลการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง (Validation)

ตารางที่ 8 แสดงผลการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองโดยใช้เกณฑ์ GEH Statistic จากปริมาณจราจรในแต่ละกรณีศึกษา พบว่า ผลการจำลองในทุกกรณีย่อย (12 กรณี) มีผลการจำลองที่น่าเชื่อถือ

ตารางที่ 8 ผลการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองด้วยปริมาณจราจร

กรณี	ปริมาณจราจร (คัน/ชั่วโมง)		GEH	หมายเหตุ*
	จากการกำหนด	จากการจำลอง		
Do nothing	7,500	7,525	0.29	ผ่าน
1.1	7,500	7,526	0.30	ผ่าน
1.2	7,500	7,446	0.62	ผ่าน
1.3	7,500	6,998	5.90	ผ่าน
2.1	7,500	6,933	6.67	ยอมรับได้
2.2	7,500	6,969	6.24	ยอมรับได้
2.3	7,500	6,916	6.88	ยอมรับได้
2.4	7,500	7,338	1.90	ผ่าน
3.1	7,500	7,347	1.78	ผ่าน
3.2	7,500	7,346	1.79	ผ่าน
3.3	7,500	7,526	0.30	ผ่าน
3.4	7,500	7,526	0.30	ผ่าน

** ค่า GEH < 5 ผลการจำลองมีความน่าเชื่อถือ และค่า GEH < 10 ยอมรับผลการจำลองได้*

4.4 การวิเคราะห์ผลการจำลอง

จากผลการศึกษาพบว่า กรณีที่ไม่มีการจัดการจราจร (Do nothing) การจราจรจากบางโคล่มีความคล่องตัวสูง แต่กลับส่งผลให้การจราจรจากพระราม 9 แทรกตัวเข้าสู่ทางร่วมได้ยาก ส่งผลให้เกิดแถวคอยและความล่าช้าขึ้นจำนวนมาก

สำหรับมาตรการที่ 1 ปิด/เปิดการจราจรทิศทางจากบางโคล่ 4 และ 6 นาที ตามลำดับ หรือตรงกับสถาณการณ์ปัจจุบัน (กรณี 1.3) สามารถระบายการจราจรจากพระราม 9 ได้ดีที่สุด ทั้งในด้านความล่าช้า เวลาเดินทาง และความเร็วเฉลี่ยรวมถึงไม่มีแถวคอยเกิดขึ้น อย่างไรก็ตามกลับส่งผลให้การจราจรจากบางโคล่ติดขัดอย่างมาก โดยเกิดความล่าช้าและเกิดแถวคอยมากที่สุดเมื่อเทียบกับทุกกรณีที่ทำการศึกษา

สำหรับมาตรการที่ 2 สลับปิด/เปิดการจราจรจากบางโคล่และพระราม 9 ในเวลาที่เท่ากัน โดยเริ่มจาก 2 3 และ 4 นาที พบว่า เวลาการสลับปิด/เปิดที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้เกิดความล่าช้า เวลาเดินทาง และความยาวแถวคอยเพิ่มมากขึ้นโดยเฉพาะในทิศทางจากพระราม 9 อย่างไรก็ตามได้มีการศึกษาหาอัตราส่วนของเวลาในการสลับปิด/เปิดการจราจรทั้งสองทิศทาง พบว่าการเปิดการจราจรจากพระราม 9 4 นาที (ปิด 3 นาที) และเปิดการจราจรจากบางโคล่ 3 นาที (ปิด 4 นาที) ในกรณีที่ 2.4 ช่วยลดความล่าช้าและเวลาเดินทางในทิศทางพระราม 9 ได้อย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับกรณีที่มีการสลับเวลาเปิด/ปิดเท่ากัน นอกจากนี้ยังพบว่าแถวคอยในทิศทางพระราม 9 ลดลง โดยกรณีนี้ความล่าช้าของทั้งสองทิศทางมีความใกล้เคียงกันมากที่สุด อย่างไรก็ตาม ความล่าช้าในภาพรวมทั้งโครงข่ายยังคงมีค่ามากที่สุด

สำหรับมาตรการที่ 3 ซึ่งเป็นการใช้ระบบ Ramp Metering เพื่อควบคุมการจราจรจากทิศทางพระราม 9 พบว่า ระบบ Ramp Metering ในกรณีที่ 3.1 และ 3.2 สามารถลดความล่าช้าของทั้งโครงข่ายได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะในทิศทางบางโคล่ ซึ่งสามารถลดความล่าช้าได้ถึง 85.9% – 96.5% เมื่อเปรียบเทียบกับสถานการณ์ปัจจุบัน (กรณี 1.3) อย่างไรก็ตาม ในทิศทางพระราม 9 พบว่าเกิดความล่าช้าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ โดยเพิ่มขึ้นถึง 1053% และเกิดช่วงชะลอความเร็วยาวกว่า 2 กิโลเมตร

เนื่องจากช่องจราจรจากพระราม 9 ที่มีอยู่ (2 ช่องจราจร) ไม่สามารถรองรับปริมาณจราจรที่มีอัตราการไหลสูงถึง 3,000 คัน/ชั่วโมงได้ ผู้วิจัยจึงได้เสนอให้มีการเพิ่มช่องจราจรในทิศทางพระราม 9 โดยการลดขนาดช่องจราจรปกติและเพิ่มความกว้างให้กับไหล่ทาง เพื่อใช้เป็นช่องจราจรเสริม ความยาว 200 เมตร ก่อนถึงทางร่วม ซึ่งในกรณีที่ 3.3 พบว่า มาตรการนี้สามารถลดความล่าช้าในทั้งโครงข่ายได้ 54.1% และในทิศทางบางโคล่ได้ 85.9% แต่ส่งผลให้ความล่าช้าในทิศทางพระราม 9 เพิ่มขึ้น 503% เมื่อเทียบกับสถานการณ์ปัจจุบัน และเกิดช่วงชะลอความเร็ว 790 เมตร ในกรณีที่ 3.3 นี้มีการปิดช่องจราจรขวาของทิศทางจากบางโคล่เป็นช่วงสั้น ๆ ก่อนถึงทางร่วม ซึ่งอาจส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนช่องทางเพิ่มขึ้นเพื่อหลีกเลี่ยงการปิดช่องจราจร และอาจจะกลับเข้าเลนเดิมในบริเวณทางร่วม ซึ่งอาจเป็นสาเหตุที่ทำให้กรณีนี้ยังคงมีความล่าช้าอยู่ แต่จากการเพิ่มกรณีที่ 3.4 ซึ่งมีการเพิ่มระยะเวลาการปิดช่องจราจรขวาจากบางโคล่เป็นช่วงยาวประมาณ 800 เมตร เพื่อให้มีการจัดระเบียบการจราจรก่อนที่จะเคลื่อนตัวเข้าสู่ทางร่วม พบว่าเป็นกรณีที่ให้ผลลัพธ์ดีที่สุดในภาพรวมทั้งโครงข่ายเมื่อเทียบกับทุกกรณีที่ทำการศึกษา โดยสามารถลดความล่าช้าและเวลาเดินทางได้ 83.7% และ 61.4% ตามลำดับ และยังเพิ่มความเร็วได้ 53.1% นอกจากนี้ยังพบว่าสามารถลดความล่าช้าและเวลาเดินทางในทิศทางจากบางโคล่ได้ 95.0% และ 79.3% ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับสถานการณ์ปัจจุบัน อย่างไรก็ตาม พบว่าในทิศทางพระราม 9 มีความล่าช้าเพิ่มขึ้น 132% และเกิดช่วงชะลอความเร็ว 570 เมตร แต่ยังคงเป็นค่าที่น้อยที่สุดสำหรับมาตรการที่ 3 และยังเป็นค่าที่น้อยที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับมาตรการที่ 2 และกรณีที่ไม่มีการจัดการจราจร (Do nothing)

5. สรุปผลการศึกษา

การประเมินประสิทธิภาพของมาตรการบริหารจัดการจราจรบริเวณทางต่างระดับพญาไทบนทางพิเศษศรีรัช โดยเปรียบเทียบระหว่างมาตรการควบคุมรูปแบบต่าง ๆ ได้แก่ การปิด/เปิดการจราจร 1 ทิศทาง การสลับปิด/เปิดการจราจรทั้ง 2 ทิศทาง และการใช้ระบบ Ramp Metering ผ่านการจำลองด้วยแบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาค Aimsun จากการจำลองทั้งหมด 12 กรณีศึกษา พบว่า การใช้ระบบ Ramp Metering เพื่อควบคุมการจราจรจากทิศทางพระราม 9 โดยการเพิ่มช่องจราจรในทิศทางดังกล่าว ผ่านการลดขนาดช่องจราจรปกติและขยายความกว้างของไหล่ทางเป็นช่องจราจรเสริม ความยาว 200 เมตรก่อนถึงทางร่วม (Merging area) เพื่อรองรับอัตราการไหล 2,500–3,000 คัน/ชั่วโมง พร้อมทั้งดำเนินการปิดช่องจราจรขวาจากทิศทางบางโคล่เป็นระยะทางประมาณ 800 เมตร (กรณีที่ 3.4) ให้ผลลัพธ์ในภาพรวมทั้งโครงข่ายที่ดีที่สุดเมื่อเปรียบเทียบในมิติของความล่าช้า เวลาเดินทาง และความเร็วเฉลี่ยโดยสามารถลดความล่าช้าและเวลาเดินทางได้ถึง 83.7% และ 61.4% ตามลำดับ อีกทั้งยังเพิ่มความเร็วเฉลี่ยได้ถึง 53.1% และลดความยาวแถวคอยของการจราจรได้อย่างมีนัยสำคัญ เมื่อเปรียบเทียบกับสถานการณ์ในปัจจุบัน (กรณีที่ 1.3)

จากผลการศึกษา จึงเสนอให้พิจารณานำระบบ Ramp Metering มาใช้จริงในการบริหารจัดการจราจรบริเวณทางต่างระดับพญาไท โดยเฉพาะในช่วงเวลาที่มีปริมาณจราจรหนาแน่น เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการไหลของการจราจร ลดความล่าช้า และเพิ่มความปลอดภัยบนทางพิเศษ

5.1 ข้อจำกัดของการศึกษา

1) การศึกษานี้เป็นการกำหนดปริมาณจราจรทิศทางบางโคล่และพระราม 9 ที่ 4,500 และ 3,000 คัน/ชั่วโมง อย่างไรก็ตามควรมีการทดสอบปริมาณการจราจรในค่าที่หลากหลายมากขึ้น เพื่อให้ทราบถึงขีดจำกัดของระบบ Ramp metering

2) การศึกษานี้ไม่คำนึงถึงผลจากการไขว้สลับของกระแสจราจร (Weaving) เนื่องจากข้อมูล O/D matrix ที่มีอยู่ไม่สามารถระบุเส้นทางการเดินทางได้อย่างละเอียด โดยเฉพาะการเลือกเส้นทางเพื่อไปยังทางออกคลองประปา 1 จากทั้งฝั่งบางโคล่และพระราม 9 ซึ่งทีมผู้วิจัยมีแผนจะดำเนินการศึกษาต่อในระยะถัดไป

6. ข้อเสนอแนะ

1) ควรพิจารณานำระบบ Ramp Metering มาประยุกต์ใช้จริงบริเวณทางต่างระดับพญาไทในช่วงเวลาเร่งด่วน โดยเฉพาะแนวทางที่ควบคุมการจราจรจากพระราม 9 แบบปล่อยรถเป็น

เอกสารอ้างอิง

[1] Papageorgiou, M., and Diakaki, C. (2003). *Freeway Ramp Metering: An Overview*. Springer, pp. 45-58.

[2] U.S. Department of Transportation. (2014). *Ramp Management and Control Handbook*. FHWA-HOP-06-001, Federal Highway Administration.

[3] Federal Highway Administration. (2021). *Active Traffic Management Implementation Guide*. [Online].

[4] Papageorgiou, M. & Kotsialos, A. (2002). *Freeway Ramp Metering: An Overview*. IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, 3(4), 271–281.

[5] U.S. Federal Highway Administration. (2017). *Traffic Analysis Toolbox Volume III: Guidelines for Applying Traffic Microsimulation Modeling Software*. Publication No. FHWA-HRT-17-028.

[6] Kesting, A., Treiber, M., and Helbing, D. (2010). *Enhanced intelligent driver model to access the impact of driving strategies on traffic capacity*. Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences, 368(1928), pp.4585–4605.

[7] Tampère, C.M.J., et al. (2011). *A generic class of first order node models for dynamic macroscopic simulation of traffic flows*. Transportation Research Part B: Methodological, 45(1), pp.289–309.

[8] Djavadian, S., Farooq, B., and Patterson, Z. (2018). *Agent-based modeling of the dynamic parking pricing problem*. European Transport Research Review, 10(1). [ออนไลน์].

[9] Aimsun. (2024). *Aimsun Next User's Manual Version 24.0.2: Microscopic Simulation*. [Online].

[10] Aimsun. (2024). *Calibration and Validation of Aimsun Models*. Aimsun Next 24.0.0 User's Manual. [Online].

[11] เกื้อกูล เอี่ยมชูแสง, นันทวรรณ พิทักษ์พานิช และ เทพฤทธิ์ รัตนปัญญากร (2566). การประเมินการแก้ไขปัญหาการจราจรโดยวิธีการตัดสลับทิศทางจราจร: กรณีศึกษาต่างระดับพญาไท ทางพิเศษศรีรัช. *การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 28*, จังหวัดภูเก็ต, 24–26 พฤษภาคม 2566, เอกสารหมายเลข TRL46.

[12] นพคุณ บุญกระพือ, ศิวัช ปัญญาชัยวัฒนากูล, เทพฤทธิ์ รัตนปัญญากร, เหมันต์ ทิพยปัญญา และ เขตโสภณ แสนโคตร (2567). การศึกษาผลกระทบของพฤติกรรมการขับขี่ไหล่ทางบนทางพิเศษในช่วงเวลาที่การจราจรติดขัด. *การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 29*, จังหวัดเชียงใหม่, 29–31 พฤษภาคม 2567, เอกสารหมายเลข TRL46.

[13] Haboian, K. A. (1995). *A case for freeway mainline metering*. Transportation Research Record, 1494, 11–20.

[14] Skabardonis, A., & Lu, X. (2016). *Congestion-Responsive On-Ramp Metering: Before and After Studies – Phase 1*. California PATH Research Report, UCB-ITS-PRR-2016-01. Institute of Transportation Studies, University of California, Berkeley.